

*Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA
Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 16 Mei 2009*

Model Empiris Variasi Harian Komponen H Pola Hari Tenang

Habirun

*Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN
Jl. Dr. Junjunan No. 133 Bandung 40173*

Abstrak

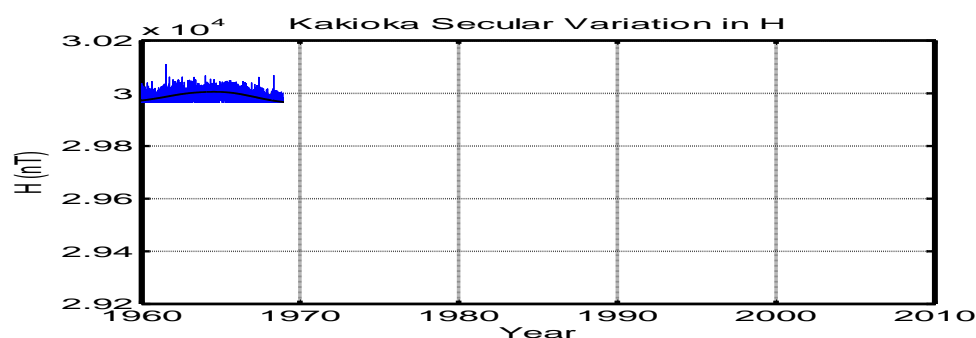
Perubahan karakteristik variasi harian komponen H pola hari tenang dari data stasiun pengamat geomagnet Tangerang dengan berdasarkan data rata-rata lima hari tenang pada bulan tertentu. Akibat dampak variasi diurnal (diurnal variation) dan variasi semi diurnal (semi diurnal variation), masing-masing berperiode 24 dan 12 jam. Oleh karena itu model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang diidentifikasi menggunakan metode Harmonik analisis. Dengan model empiris yang diperoleh di atas maka perubahan karakteristik variasi harian komponen H pola hari tenang dari masing-masing bulan dapat diidentifikasi. Selain digunakan untuk mengidentifikasi perubahan karakteristik variasi harian komponen H pola hari tenang, model empiris dapat pula digunakan untuk memprediksi variasi harian komponen H pola hari tenang beberapa waktu kedepan. Akurasi model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang dibandingkan terhadap data pengamatan sebesar 90 % dan galat 62.799 nT. Demikian pula digunakan untuk memprediksi variasi harian komponen H pola hari tenang dibandingkan terhadap model empiris dengan akurasi cukup tinggi hingga 95 % dengan galat 18.143 nT.

Kata kunci: model empiris, variasi harian, Harmonik analisis, identifikasi, prediksi

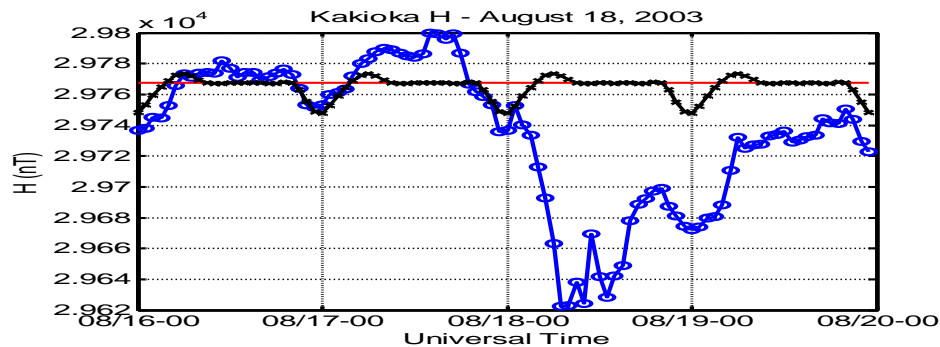
PENDAHULUAN

Variasi harian komponen H geomagnet dapat diuraikan dalam berbagai kondisi atau pola yang terbentuk sesuai dampak gangguan yang berpengaruh pada saat tertentu. Sehubungan sumber gangguan yang mempengaruhi medan magnet bumi (geomagnet) secara umum dapat digolongkan dalam dua katagori yakni gangguan internal dan gangguan eksternal. Gangguan internal adalah gangguan yang mempengaruhi medan magnet bumi berasal dari dalam bumi itu sendiri, diantaranya akibat dampak dari pergeseran batuan dalam bumi. Dampak seperti itu biasanya baru terlihat dengan jelas sekitar 40 tahun kemudian yang disebut trend variasi sekuler dan sebagai contoh ditunjukkan variasi sekuler komponen H dari stasiun pengamat geomagnet Kakioka yang disampaikan McPherron (2005) dan jelasnya lihat gambar 1.1.

Demikian pula gangguan eksternal adalah gangguan yang mempengaruhi medan magnet bumi cukup banyak terutama dari aktivitas matahari. Sedangkan gangguan dari aktivitas matahari terdiri dari gangguan aktivitas matahari jangka panjang yang dinyatakan siklus bintik matahari sekitar 11 tahun dan gangguan jangka pendek yang disebut gangguan yang bersifat temporal (Habirun., 2007). Gangguan yang bersifat temporal ini umumnya terjadi akibat badai magnet yang disebabkan aktivitas CME (*Coronal Mass Ejection*), *coronal hole* dan *flare*, sebagai contoh dampak badai magnet yang dinyatakan pada komponen H geomagnet dari data stasiun pengamat geomagnet Kakioka tanggal 18 Agustus 2003 (lihat gambar 1.2).



Gambar 1.1: Variasi sekuler komponen H geomagnet dari stasiun pengamat geomagnet Kakioka Jepang mulai tahun 1960 sampai dengan tahun 2010 yang dilaporkan McPherron (2005)



Gambar 1.2: Variasi harian komponen H geomagnet dari 16 Agustus sampai dengan 20 Agustus 2003 (McPherron, 2005) pada saat terjadi badai magnet 18-8-2003 (garis titik) dibandingkan terhadap pola hari tenang (garis bintang) dari data stasiun pengamat geomagnet Kakioka Jepang

Berkaitan dengan variasi harian komponen H saat badai magnet yang dinyatakan di atas terdapat pula kondisi-kondisi variasi harian komponen H tidak terjadi badai dan pada kondisi ini terdapat pula gangguan sehingga variasi harian berfluktuasi. Dan tidak terjadi gangguan yang mempengaruhi variasi harian komponen H dan disebut kondisi pola hari tenang. Pola hari tenang telah ditetapkan Internasional atas dua bagian yakni selama satu bulan sejumlah 10 hari yang paling terganggu dan 5 hari yang paling tenang. Dengan dasar itulah para pakar dunia digunakan sebagai dasar untuk menganalisis variasi harian komponen H pola hari tenang sesuai yang diinginkan. Sehubungan ungkapan di atas pada uraian ini dibahas model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang berdasarkan data dari stasiun pengamat geomagnet Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Tangerang dan Biak. Model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang (Mamat., 2006) ditentukan berdasarkan rata-rata variasi harian komponen H lima hari tenang dengan menggunakan metode Harmonik analisis. Kegunaan model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang untuk mengidentifikasi karakteristik variasi harian komponen H pola hari tenang dari masing-masing bulan dalam tahun tertentu. Selain hal yang digunakan di atas model empiris variasi harian komponen H dapat pula dipergunakan untuk memprediksi variasi harian komponen H pola hari tenang beberapa waktu kedepan.

1. Karakteristik Variasi Harian Komponen H Pola Hari Tenang

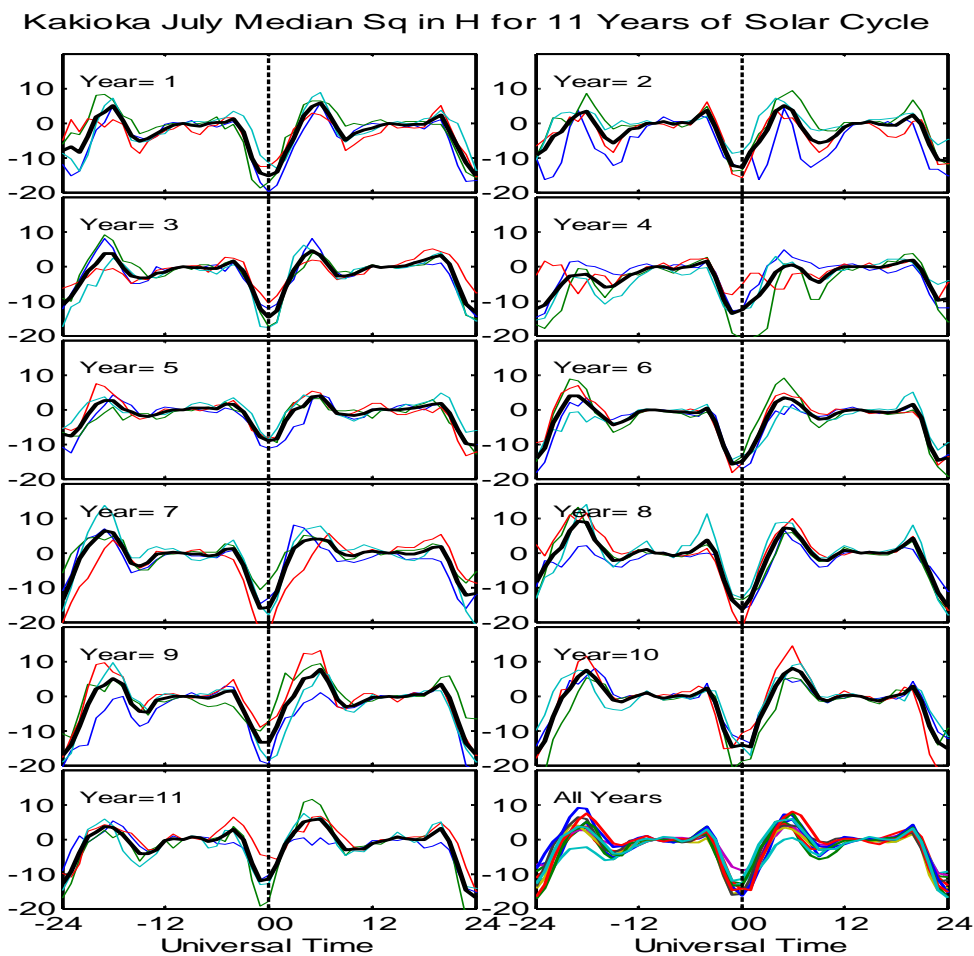
Variasi harian komponen H geomagnet sebelumnya telah disinggung bahwa sangat kompleks dan berfluktuasi akibat dipengaruhi berbagai aktivitas gangguan dari internal dan eksternal. Sehingga variasi harian komponen H terkelompok dalam keadaan terganggu akibat badai magnet, terganggu bukan akibat badai magnet dan tidak terganggu akibat aktivitas matahari tenang atau tidak terjadi ledakan di matahari dengan notasi Sq. Data Sq ini selama satu bulan tertentu variasi hari tenang dilakukan perata-rataan sehingga diperoleh variasi harian komponen H pola hari tenang dan contoh variasi harian komponen H pola hari tenang oleh (McPherron, 2005) dapat dilihat pada gambar 2.1.

Pada gambar 2.1 menunjukkan suatu kondisi variasi harian komponen H pola hari tenang dalam keadaan tenang tepat pada jam 00 waktu Universal Time selama 11 tahun dari stasiun pengamat geomagnet Kakioka Jepang. Dalam kondisi seperti itu variasi harian komponen H pola hari tenang dari data stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang ditentukan. Hasil-hasil analisis model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang (Habirun., 2008 dan Mamat., 2006) secara detail akan diuraikan pada pasal 3 ;

2. Model Empiris Variasi Harian Komponen H Pola Hari Tenang Dan Prediksinya

Sebelumnya telah disinggung bahwa model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang dihitung menggunakan data variasi harian komponen H pola hari tenang dari stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang dan Biak. Hasil analisis model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang menggunakan metode Harmonik analisis dengan jumlah konstanta-konstanta yang dihitung $n = 3$ dinyatakan persamaan (3.1). Perhitungan model empiris berdasarkan dampak akibat variasi diurnal berperiode 24 jam dan variasi semi diurnal berperiode 12 jam serta 6 jam periode Harmoniknya (Habirun., 2004) sehingga diperoleh model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang adalah

$$H(t) = 414.13 - 0.77\cos(0.26t) - 9.72\sin(0.26t) - 4.55\cos(1.05t) + 2.11\sin(1.05t) - 1.59\cos(1.57t) - 0.32\sin(1.57t) \quad \dots \quad (3.1)$$

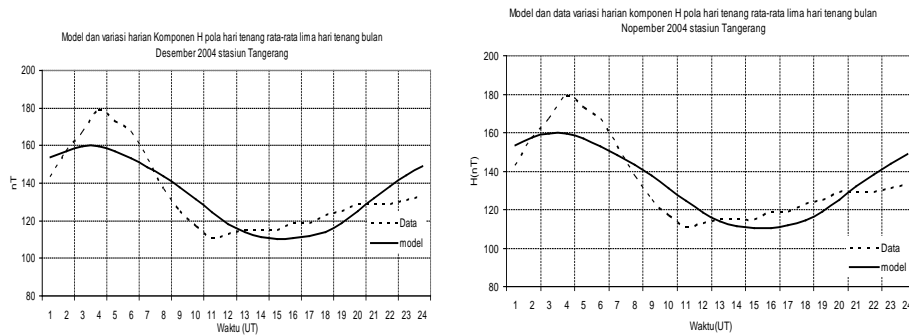


Gambar 2.1: Variasi harian komponen H pola hari tenang (Sq) selama 11 tahun yang ambil setiap bulan Juli masing-masing tahun dari stasiun pengamat geomagnet Kakioka Jepang (McPherron, 2005)

Model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang yang lain seperti dinyatakan persamaan (3.1) dan model empirisnya tidak dinyatakan dalam uraian ini serta hasilnya dibandingkan terhadap data pengamatan rata-rata lima hari tenang bulan Nopember dan Desember 2004 (lihat gambar 3.1). Pada gambar 3.1, khususnya perhitungan model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang dihitung berdasarkan dampak variasi diurnal berperiode 24 jam. Sedangkan dampak variasi semi diurnal dan harmoniknya tidak diperhitungkan, oleh karena itu variasi harian komponen H dari model tidak mengikuti penyebaran data pengamatan.

Dari konstanta-konstanta model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang pada persamaan (3.1), konstanta-konstanta model prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang

direkonstruksi untuk digunakan memprediksi variasi harian komponen H pola hari tenang beberapa waktu kedepan. Dengan dirumuskan (Ames., 1967) sebagai berikut ;



Gambar 3.1: Perbandingan antara model empiris dan data variasi harian komponen H pola hari tenang bulan Nopember 2004 (kanan) dan bulan Desember 2004 (kiri) dari data stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang

$$A_n(\text{baru}) = A_n(\text{lama}) + \delta \frac{2}{T} [H(t) - \bar{H}(t)] \cos\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) \quad \dots (3.2)$$

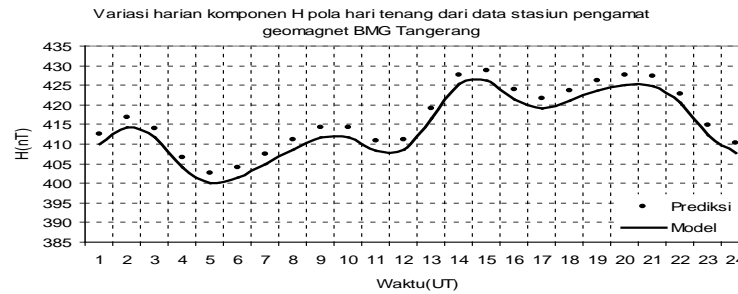
dengan δ adalah perubahan konstanta untuk beberapa hari sebelumnya dapat dihitung dengan syarat persamaan (3.2) harus sama dengan nol dan T adalah periode. Hasil rekonstruksi konstanta-konstanta model prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang persamaan (3.2) dan hasil pendekatan perubahan konstanta-konstanta model prediksi sebesar $\delta = 0.833$ nT untuk memprediksi variasi harian komponen H beberapa waktu kedepan melalui persamaan (3.3)

$$\left. \begin{aligned} \hat{A}_{1\text{prediksi}} &= -0.77 + 0.833\cos(0.26t) & \hat{B}_{1\text{prediksi}} &= -9.72 + 0.833\sin(0.26t) \\ \hat{A}_{2\text{prediksi}} &= -4.55 + 0.833\cos(1.05t) & \hat{B}_{2\text{prediksi}} &= 2.11 + 0.833\sin(1.05t) \\ \hat{A}_{3\text{prediksi}} &= -1.59 + 0.833\cos(1.57t) & \hat{B}_{3\text{prediksi}} &= -0.32 + 0.833\sin(1.57t) \end{aligned} \right\} \quad \dots (3.3)$$

Konstanta-konstanta model prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang hasil konstruksi pada persamaan (3.3) dengan perubahan konstanta-konstanta dari masing-masing periode sebesar 0.833. Apabila t diketahui pada jam tertentu maka variasi harian komponen H pola hari tenang pada jam tertentu dapat pula diprediksi. Demikian pula untuk t bergerak dari $t = 1, 2, 3, \dots, T$ dan $T = 24$ maka variasi harian komponen H pola hari tenang dapat diprediksi selama 24 jam pula. Dari persamaan (3.3) jika $t = 1$ maka model prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang pada jam satu dapat dinyatakan persamaan (3.4)

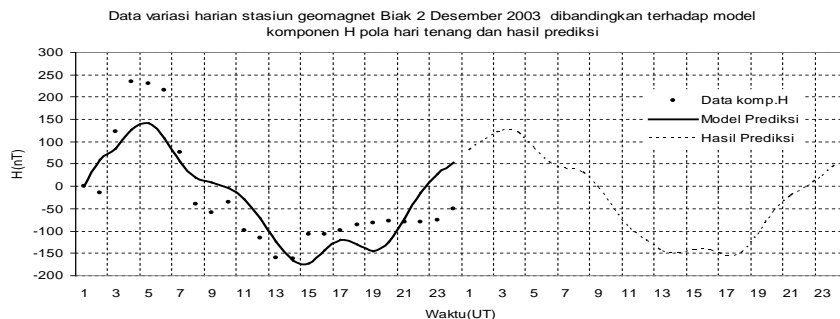
$$H(t) = 414.13 + 0.035\cos(0.26t) - 9.506\sin(0.26t) - 4.136\cos(1.05t) + 2.833\sin(1.05t) - 1.589\cos(1.57t) + 0.513\sin(1.57t) \quad \dots (3.4)$$

Dengan persamaan (3.4) maka prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang selama sehari kedepan dapat dilakukan setiap jam, berarti bila memprediksi dalam sehari selama $t = 24$ jam maka konstanta-konstanta rekonstruksi yang digunakan memprediksi variasi harian komponen H selama sehari kedepan dihitung. Kemudian dilakukan prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang berdasarkan konstanta-konstanta rekonstruksi yang dihitung dan hasilnya dinyatakan pada gambar 3.2. Dari hasil prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang sangat dekat dibandingkan terhadap keluaran model prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang. Sehubungan hasil prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang yang diperoleh mengikuti fluktuasi data dari keluaran model prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang.



Gambar 3.2: Perbandingan antara model prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang dengan memperhitungkan dampak variasi diurnal dan semi diurnal serta harmoniknya terhadap hasil prediksi sehari kedepan selama 24 jam dari data stasiun pengamat geomagnet BMG Tangerang

Identifikasi model empiris dan model prediksi dilakukan analisis perhitungan yang sama terhadap model empiris persamaan (3.1). Dan hasil analisis model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang, digunakan data variasi harian komponen H stasiun pengamat geomagnet Biak tanggal 2 Desember 2003. Model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang dibandingkan terhadap data pengamatan dan hasil prediksinya dapat dilihat pada gambar 3.3. Akurasi model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang yang dinyatakan gambar 3.3 sekitar 90 % bervariasi disekitar data pengamatan. Demikian pula perbandingan antara model empiris variasi harian komponen H pola hari tenang dibandingkan terhadap hasil prediksi mempunyai akurasi paling kecil sekitar 95 %. Galat model empiris terhadap data pengamatan variasi harian komponen H stasiun Biak berdasarkan data 2 Desember 2003 sebesar 62.799 nT. Demikian pula untuk galat prediksi yang ditentukan terhadap model prediksi sebesar 18.143 nT.



Gambar 3.3: Perbandingan antara data pengamatan variasi harian komponen H dari data stasiun pengamat geomagnet Biak 2 Desember 2003 (titik) terhadap model prediksi komponen H pola variasi hari tenang (garis) dan hasil prediksi sekari kedepan selama 24 jam (titik halus)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis model prediksi variasi harian komponen H menunjukkan galat model sebesar 62.799 nT yang dinyatakan gambar 3.3. Pada gambar 3.3 menunjukkan korelasi antara data pengamatan variasi harian komponen H 2 Desember 2003 stasiun geomagnet Biak dibandingkan terhadap model variasi harian komponen H pola hari tenang. Kemudian model tersebut digunakan memprediksi variasi harian komponen H satu hari kedepan dan hasilnya ditunjukkan dengan titik-titik halus. Demikian pula galat prediksi terhadap model prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang sebesar 18.143 nT juga dinyatakan pada gambar 3.2. Hasil yang diperoleh berdasarkan data variasi harian komponen H rata-rata hari tenang bulan Nopember dan Desember 2004 dengan memperhitungkan periode variasi diurnal dan semi diurnal. Hasil analisis menunjukkan bahwa model

prediksi bervariasi disekitar penyebaran data pengamatan, tetapi hasil prediksi secara umum mengikuti fluktuasi data pengamatan rata-rata hari tenang.

Berkaitan perhitungan hasil prediksi yang dinyatakan pada gambar 3.2, prediksi dihitung dengan memperhitungan perubahan konstanta model prediksi dengan pendekatan selama 24 jam titik pengamatan δ adalah dampak variasi diurnal dan χ adalah dampak akibat variasi semi diurnal masing-masing sebesar 0.833 nT. Sedangkan hasil prediksi variasi harian komponen H pada gambar 3.3 dihitung berdasarkan dampak variasi diurnal dengan pendekatan rata-rata perubahan konstanta model prediksi sebesar $\delta = -0.16068$ nT. Demikian pula perhitungan dampak variasi semi diurnal dengan pendekatan rata-rata perubahan konstanta model prediksi sebesar $\chi = -0.8384$ nT. Perlu diketahui bahwa dalam analisis perubahan konstanta-konstanta model prediksi yang diungkapkan di atas merupakan suatu analisis studi awal dalam melakukan prediksi variasi harian komponen H jangka pendek. Dengan hasil-hasil prediksi variasi harian komponen H yang telah diperoleh di atas tidak berhenti sampai disitu saja tetapi masih dapat dilakukan pengembangan-pengembangan lebih lanjut sampai diperoleh hasil prediksi terbaik dengan akurasi yang lebih tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil studi awal prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang maupun prediksi variasi harian komponen H jangka pendek pada umumnya dapat diprediksi dengan baik. Dengan akurasi model prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang tidak lebih dari 18.143 nT. Sedangkan akurasi model prediksi variasi harian komponen H dari data pengamatan menunjukan lebih rendah dari pada variasi harian komponen H pola hari tenang. Galat model prediksi dibandingkan terhadap data variasi harian komponen H dari pengamatan sebesar 62.799 nT. Apabila hasil prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang dibandingkan terhadap model prediksi variasi harian komponen H pola hari tenang maka diperoleh akurasi prediksi sekitar 18.143 nT. Hasil prediksi variasi harian komponen H ini mengikuti fluktuasi pola perubahan model prediksi. Demikian pula hasil prediksi variasi harian komponen H menggunakan data pengamatan mengikuti fluktuasi pola perubahan model prediksi dan hasil prediksi variasi harian komponen H bervariasi disekitar data pengamatan.

Hasil-hasil yang diungkapkan dalam uraian ini merupakan analisis awal untuk memprediksi variasi harian komponen H jangka pendek, oleh karena itu model prediksi yang diungkapkan dalam uraian ini masih dapat dikembangkan untuk memprediksi variasi harian komponen H beberapa waktu/hari kedepan. Sehingga akurasi model prediksi variasi harian komponen H dari data pengamatan lebih tinggi dan selalu mengikuti fluktuasi perubahan data pengamatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ames J. W., and Egan R. D., 1967 Digital recording and short-time prediction of oblique ionosphere Propagation, *IEEE Transaction on antennas and propagation*. Vol. **AP-15**, No. 3 May pp.382-389.
- Habirun, Rachyany, S., dan Santoso A., 2004. Prediksi MOF dan LOF quasi real time pada sirkit komunikasi Manado-Sumedang. *Proceedings The International Conference on Statistics and Mathematics and Its Applications in the Development of Science and Technology*, Edisi Khusus Volume 4 No.2 69-74 Bandung Indonesia.
- Habirun, Titiek Setiawati, Yaya Karyanto., (2007). "Pengembangan Model Prediksi Indeks K Geomagnet". *Journal of Aerospace Sciences*, Vol. 4 No. 2 Juni, Hal. 74 – 90 LAPAN Jakarta.
- Habirun, S. Agung N., Anwar Santoso, Sity Rachyany, Hary Bangkit (2008). *Model prediksi variasi harian geomagnet*, Program Penelitian tahun 2008.
- Mamat. R., Sity R., Habirun, Visca. W., 2006 Penentuan pola hari tenang untuk mendapatkan tingkat gangguan geomagnet di Biak, *Majalah sains teknologi dirgantara*, Vol. 1 No.2 Juni hal. 103 – 113 LAPAN Jakarta
- McPherron (2005). "Calculation of the Dst index," *Presentation at LWS CDAW Workshop Fairfax, Virginia*. Email: rmcpherron@igpp.ucla.edu.